

Perancangan Mesin *Tube Notcher* Menggunakan Metode G. Pahl dan W. Beitz

Iqbal R. Pamungkas¹, Bambang Sulaksono¹, Megara Munandar¹, Agri Suwandi¹, M. Fathur Fajar¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah, Jagakarsa, DKI Jakarta 12640, Indonesia
iqbal.pamungkas@univpancasila.ac.id

ABSTRAK

Mesin *tube notcher* adalah mesin yang digunakan untuk memotong pipa besi dengan menghasilkan profil pada sisi potongnya yang berfungsi untuk memudahkan proses awal penyambungan pipa besi. Di industri menengah kebawah dibutuhkan mesin *tube notcher* yang dapat berkerja secara efisien dengan biaya murah. Perancangan ini bertujuan untuk memperoleh rancangan mesin *tube notcher* dengan spesifikasi yang baik, agar rancangan mesin mudah digunakan, tahan lama dan terdapat data rancangan dalam bentuk gambar. Pada perancangan ini menggunakan metode G. Pahl dan W. Beitz meliputi pembuatan daftar persyaratan, struktur fungsi dan prinsip solusi. Kemudian tahap analisa konsep perancangan dengan membuat tabel seleksi varian mesin dan melalui kriteria pembobotan. Hasil yang diperoleh adalah data rancangan berbentuk gambar mesin menggunakan *software Pro Engineer*. Rangka pada mesin ini adalah baja karbon *hollow* persegi dan aluminium untuk material komponen-komponennya. Dimensi keseluruhan dalam panjang, lebar dan tinggi adalah 600×400×800 mm dengan berat 22,187 kg menggunakan motor penggerak 600 watt.

Kata kunci: Mesin *Tube Notcher*, metode G. Pahl dan W. Beitz, perancangan mesin.

ABSTRACT

Tube notcher machine is a machine used to cut iron pipes by producing a profile on the cutting side which serves to facilitate the initial process of connecting iron pipes. In the middle and lower industries, a tube notcher machine is needed that can work efficiently at a low cost. This design aims to obtain a tube notcher engine design with good specifications, so that the engine design is easy to use, durable and there are design data in the form of images. In this design using the G. Pahl and W. Beitz methods include making a list of requirements, function structures and solution principles. Then the stage of design concept analysis by creating a machine variant selection table and through weighting criteria. The results obtained are design data in the form of machine images using Pro Engineer software. The frame on this machine is square hollow carbon steel and aluminum for its component materials. The overall dimension in length, width and height is 600 × 400 × 800 mm with a weight of 22,187 kg using a 600 watt drive motor.

Keywords: *Tube Notcher*, G. Pahl and W. Beitz method, machine design.

I. PENDAHULUAN

Melihat proses awal pada penyambungan pipa diperlukan mesin *tube notcher*, mesin pemotong pipa yang menghasilkan profil pada sisi pemotongannya, hal membuat sambungan lebih rapat dan memudahkan penyambungan pada proses selanjutnya, contohnya pada sambungan pipa besi pada rangka sepeda motor, mesin *tube notcher* sudah banyak tersedia dipasar dengan berbagai spesifikasi dan macam-macam sistem pemotongannya, akan tetapi penggunaan mesin ini masih terbatas, hanya kalangan tertentu atau industri besar yang menggunakan mesin ini karena harganya yang mahal, dan apabila ingin memiliki mesin ini harus mengimpor mesin ini dengan biaya yang tidak sedikit, sedangkan pada industri menengah kebawah tidak menggunakan mesin *tube notcher* melainkan dengan proses manual, mengaplikasikannya pada mesin bubut dan dengan cara lainnya. Untuk mengembangkan mesin ini diperlukan metode perancangan yang sudah ada agar dalam proses

pengembangan mesin ini memiliki spesifikasi yang efisien terhadap bahan komponen, konstruksi, komponen-komponen mesin mudah diperoleh, murah dan memiliki standar mutu.

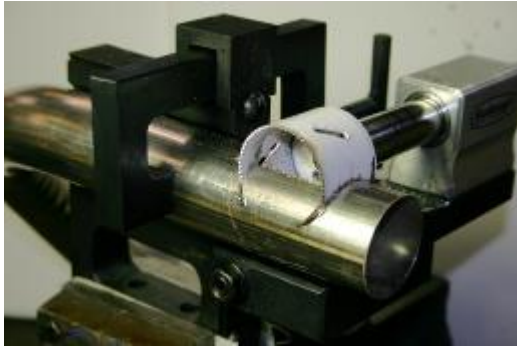
Maka dari itu mesin ini menjadi bahan kajian dalam tugas akhir ini dengan judul perancangan mesin *tube notcher* dengan metode G. Pahl dan W. Beitz, karena ingin mencoba membuat rancangan mesin *tube notcher* dengan rancangan yang sederhana.

Berikut adalah batasan masalah pada penelitian ini:

1. Perancangan konsep menggunakan metode G. Pahl dan W. Beitz
2. Perancangan detail menggunakan *software Pro Engineer*
3. Analisa perancangan menggunakan perhitungan
4. Hasil dari analisa menyesuaikan dengan standar pasar

II. LANDASAN TEORI

A. Mesin *Tube Notcher*



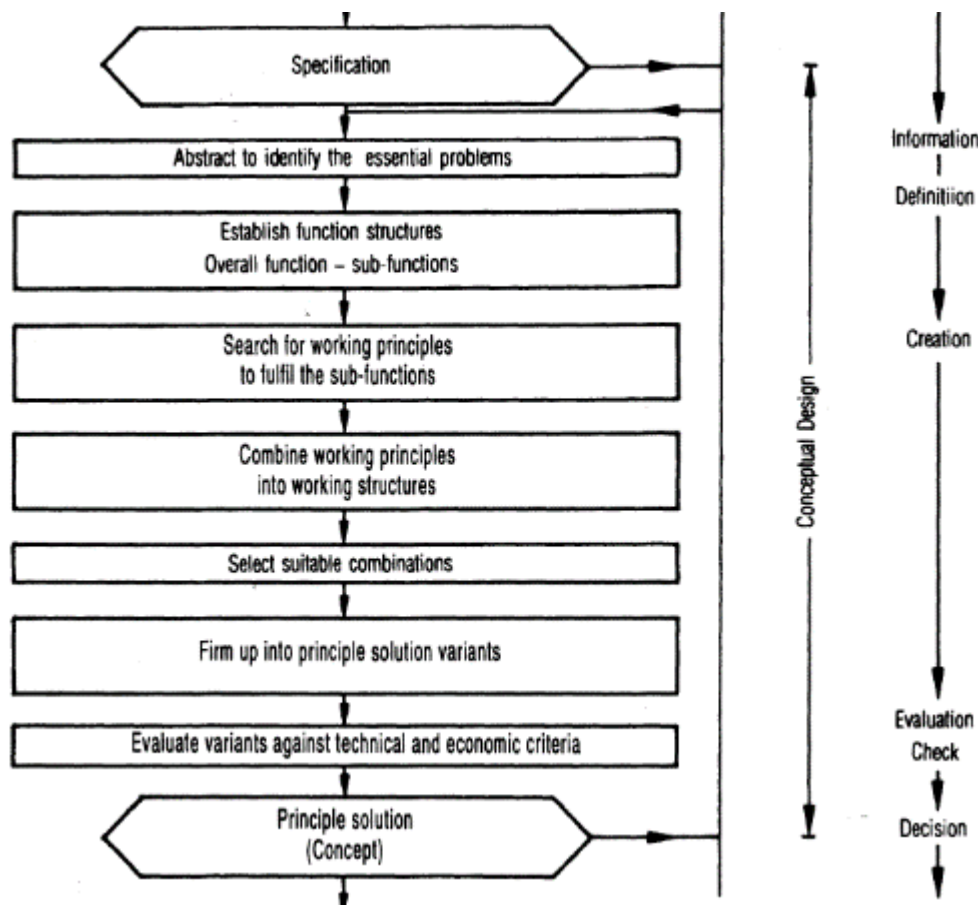
Gambar 1 *Tube Notcher*[6]

Mesin tube notcher dapat digunakan pada pipa berlekuk, dimana salah satu atau kedua tabung dapat berlekuk sebelum perakitan. Pada rangka sepeda motor yang menggunakan pipa besi dengan disain rangka yang berlekuk yang belum tersambung satu bagian dengan bagian lainnya, diperlukan proses penyambungan yang mudah dan *solid*, maka dengan memberi profil pada penyambungan pipa merupakan cara yang baik dalam proses awal penyambungan pipa

Material pada Mesin *Tube Notcher*, terdiri dari:

1. Baja karbon
2. Alumunium
3. Stainless steel
4. Akrilik

Mesin *Tube Notcher* terdiri dari beberapa komponen,



Mesin *tube notcher* adalah suatu mesin pemotong pipa diantaranya adalah:

Gambar 2 Tahap Konsep Perancangan Pahl, Beitz [1]

yang menghasilkan profil pada sisi pemotongannya dengan cara menyesuaikan ketinggian dan sudut potong sesuai keinginan dengan mengandalkan pisau *hole saw* khusus dalam mekanisme pemotongannya. Hasil pemotongan oleh mesin ini memudahkan proses awal penyambungan pipa. Pipa besi dipotong sesuai perhitungan sehingga dapat tersusun pas dan erat yang kemudian masuk kedalam proses penyambungan untuk membuat sambungan pipa *tee*, *vee*, atau bentuk sambungan lainnya.

1. Motor penggerak
2. Transmisi rantai dan sproket
3. Poros
4. Bantalan
5. Hole Saw
6. Saklar

B. Metode Perancangan G. Pahl dan W. Beitz

Perancangan produk didefinisikan sebagai proses penyusunan konsep suatu produk baik produk baru maupun produk pengembangan dalam bentuk gambar teknik untuk memenuhi keinginan pelanggan atau untuk memanfaatkan inovasi, perencanaan produk merupakan perencanaan tentang apa, berapa dan bagaimana produk yang akan diproduksi.

Menurut buku *engineering design* perancangan teknik digambarkan sebagai pusat perpotongan budaya dan aliran rekayasa. Perancangan teknik juga merupakan sebuah aktivitas kreatif dalam cakupan ilmu pengetahuan meliputi matematika, kimia, fisika, termodinamika, hidrodinamika, teknik elektronika, teknik produksi, teknologi material, elemen mesin dan teori perancangan dan lain-lain. Dan juga memerlukan pengetahuan praktis, pengalaman dan wawasan ekonomi [1].

Disain dikenakan pada bentuk sebuah rencana, dalam hal ini dapat berupa proposal, gambar, model, maupun deskripsi. Jadi dapat dikatakan, desain merupakan sebuah konsep tentang sesuatu. Desain lahir dari penerjemahan kepentingan, keperluan, data maupun jawaban atas sebuah masalah dengan metode-metode yang dianggap komprehensif, baik itu riset, *brainstorming*, pemikiran maupun memodifikasi desain yang sudah ada sebelumnya [2]

Ketepatangunaan dan efektivitas merupakan syarat utama dalam merancang suatu produk. Berbagai macam kebutuhan harus disesuaikan terhadap kondisi perusahaan, pabrik, publik yang meminta jasa produk tersebut, situasi pasar dan perkembangan teknologi.

Pada proses penentuan konsep rancangan ini dibahas bagaimana cara menentukan fungsi dan strukturnya, menguraikan menjadi varian yang dapat direalisasikan, pemilihan kombinasi dan pembuatan varian serta evaluasi. Diharapkan dari tahap penentuan konsep rancangan berikut mulai bisa dilihat gambaran perancangan yang akan terealisasi. Lebih jelas mengenai perancangan konsep dapat dilihat dari gambar 2.

Pada saat membuat daftar persyaratan hal yang penting adalah membedakan sebuah persyaratan, apakah sebagai suatu tuntutan (*demand*) atau keinginan (*whises*). *Demand* adalah persyaratan yang harus terpenuhi pada setiap kondisi atau dengan kata lain apabila persyaratan itu tidak terpenuhi maka perancangan dianggap tidak benar. *Whises* adalah persyaratan yang diinginkan apabila memungkinkan.

Jadi misalkan suatu persyaratan membutuhkan biaya yang cukup tinggi tanpa memberikan pengaruh teknik yang besar, maka persyaratan tersebut dapat diabaikan. Untuk mempermudah penyusunan spesifikasi dapat dilakukan dengan meninjau aspek-aspek geometri, kinematika, gaya, energi, dan lain sebagainya. Selanjutnya dari aspek dapat diuraikan syarat-syarat yang bersangkutan dan kemudian dibuat daftar spesifikasinya.

III. KONSEP PERANCANGAN

Berikut adalah diagram alir penulisan laporan penelitian yang berjudul perancangan mesin *tube notcher*.



Gambar 1 Diagram Alir

Berikut ini daftar persyaratan mesin *tube notcher* yang akan dirancang menjadi 2 kategori yaitu D/*demand* (keharusan) dan W/*whises* (keinginan).

Tabel 1 Daftar Persyaratan

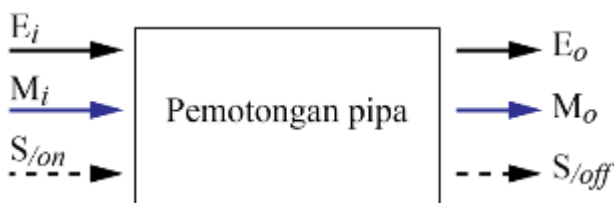
D-III MESIN FT-UP	DAFTAR PERSYARATAN MESIN TUBE NOTCHER	30/5/17 Page 1
D/W	PERSYARATAN	

Mesin Tube Notcher	
D	Geometri
D	Dimensi sedang
W	Berat ringan
D	Bentuk sederhana
	Mudah dipindahkan dan disimpan
D	Kinematik
D	Jenis gerakan pisau berputar
D	Arah gerakan pisau yang horizontal
D	Kecepatan pisau sesuai bahan pisau dan material yang dikerjakan
D	Jenis gerakan penjepit benda kerja horizontal
D	Energi
D	Ramah lingkungan
D	Banyak tersedia
D	Material
D	Tersedia di pasaran
D	Memiliki standar
D	Sinyal
D	Mudah digunakan
	Akurat
	Keselamatan
	Melindungi pengguna
	Pelindung mesin
	Tombol <i>power</i>
	Perawatan
	Tidak memerlukan perawatan yang khusus
	Perakitan
	Mudah dibongkar pasang
	Komponen yang sedikit
	Ergonomi
	Pengoperasian secara manual dan bentuk disain mesin yang terbaru

Struktur fungsi berdasarkan hubungan antara *input* dan *output* dari suatu sistem teknik yang akan menjalankan mesin *tube notcher* ini.

Fungsi Keseluruhan

Fungsi ini digambarkan dengan blok yang menunjukkan hubungan antara *input* dan *output*. Gambar 4 menggambarkan *input* dan *output* pada mesin *tube notcher* yang akan dirancang.



Gambar 2 Fungsi Keseluruhan

Keterangan dari fungsi keseluruhan :

M: Pipa benda kerja masuk

S_{on/off}: Sinyal

M_o: Pipa yang sudah jadi keluar

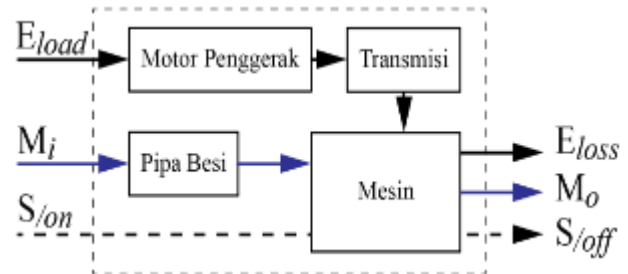
E_i: Energi masuk

E_o:
keluar

Energi

Sub Struktur Fungsi

Dari analisis diatas, dapatlah ditentukan fungsi-fungsi yang menyusun struktur mesin *tube notcher* ini.



Gambar 3 Sub Struktur fungsi

Keterangan dari sub sturktur fungsi :

E :Energi listrik

- - - : Batas sistem mesin *tube notcher*

M :Pipa besi /material

S : Sinyal pengoperasian mesin

[Box] : Fungsi utama mesin

E_{load} : Listrik terhubung

S_{on} : Pengoperasian mesin

E_{loss} :Listrik terputus














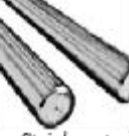








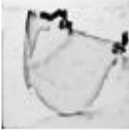




S_{off} :Pengoperasian mesin selesai

M_i :Pipa utuh

M_o : Pipa berprofil

Setelah dibuat tabel persyaratan, struktur fungsi dan diagram pohon fungsi maka selanjutnya yang dicari adalah prinsip-prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi tersebut, metode yang digunakan dalam mencari prinsip solusi adalah metode kombinasi, yaitu metode yang mengkombinasikan semua solusi yang ada dalam bentuk matriks.

Tabel 2 Matriks solusi sub fungsi

PRINSIP SOLUSI SUB FUNGSI	VARIAN		
	1	2	3
1 Rangka	 RHS Steel	 RHS Stainless	 RHS Aluminium
2 Dudukan motor & penjepit	 Stainless steel	 Aluminium	 Steel carbon
3 Motor	 DC	 AC	 Benzin
4 Transmisi	 Stainless	 Roller	 Inverted
5 Poros Pisau	 Steel chrome	 Stainless steel	 Steel carbon
6 Bantalan	 Ceramic	 Angular	 Needle
7 Pisau	 Bi-metal	 HSS	 Steel carbon
8 Pelindung Pisau & skrap	 Tempered Glass	 Fiber Glass	 Glass
9 Saklar	 Tempel	 Panel	 Gantung

Pemilihan komponen berdasarkan sebagai berikut :

- Rangka
Material yang kuat, murah, ringan, tahan karat dan mudah diproses.
- Dudukan motor dan penjepit
Material yang solid, ringan, murah, tahan karat dan mudah diproses.
- Motor penggerak
Ringan, dimensi sesuai, murah dan kapasitas sesuai.
- Transmisi
Putaran rendah, minim getaran, minim suara, murah dan tahan lama.
- Poros pisau
kuat, murah, memiliki standar, tahan karat dan mudah diproses.
- Bantalan
Sesuai dengan kebutuhan, memiliki standar, murah dan tersedia.
- Pisau
Memiliki kemampuan untuk memproses material pipa besi.
- Pelindung
Dapat melindungi pengguna, ringan, tahan lama mudah diproses.

Kombinasi Prinsip Solusi

Untuk mendapatkan suatu rangkaian sistem yang menunjang kombinasi tersebut akan dibagi menjadi 3 varian rangkaian sistem mesin yang ditunjukkan pada tabel 3 dibawah yaitu :

Varian 1 :

1,2 ; 2,1 ; 3,2 ; 4,1 ; 5,2 ; 6,1 ; 7,2 ; 8,1 ; 9,3

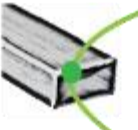

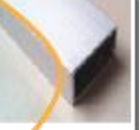

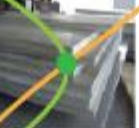







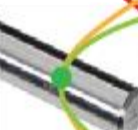
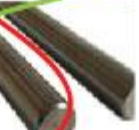







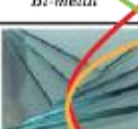



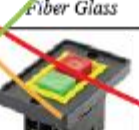

Varian 2 :

1,3 ; 2,2 ; 3,1 ; 4,2 ; 5,1 ; 6,2 ; 7,3 ; 8,1 ; 9,2

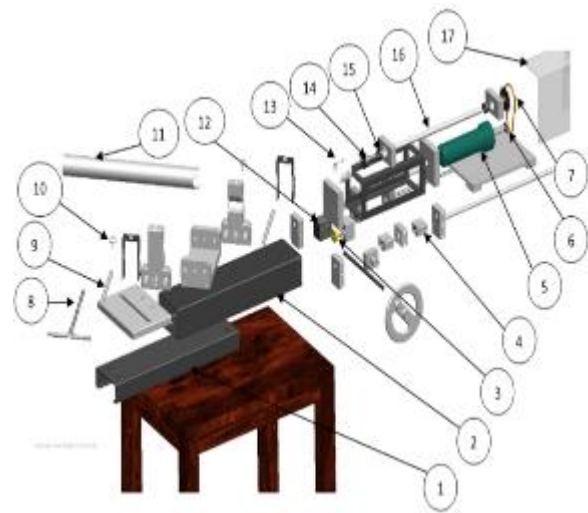
Varian 3 :

1,1 ; 2,2 ; 3,1 ; 4,3 ; 5,1 ; 6,2 ; 7,1 ; 8,2 ; 9,1

Tabel 3 Kombinasi prinsip solusi

PRINSIP SOLUSI		VARIAN		
SUB FUNGSI		1	2	3
1	Rangka	 RHS Steel	 RHS Stainless	 RHS Aluminium
2	Dudukan motor & penjepit	 Stainless steel	 Aluminium	 Steel carbon
3	Motor	 DC	 AC	 Benzin
4	Transmisi	 Stainless	 Roller	 Inverted
5	Poros Pisau	 Steel chrome	 Stainless steel	 Steel carbon
6	Bantalan	 Ceramic	 Angular	 Needle
7	Pisau	 Bi-metal	 HSS	 Steel carbon
8	Pelindung Pisau & skrap	 Tempered Glass	 Fiber Glass	 Glass
9	Saklar	 Tempel	 Panel	 Gantung

— Kombinasi Var 1 — Kombinasi Var 2 — Kombinasi Var 3

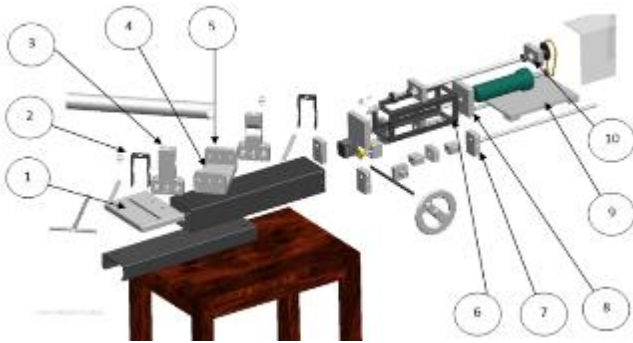


Gambar 4 Komponen yang dibeli

Tabel 4 Spesifikasi Varian Mesin yang dibeli

N o	Mesin	Var 1	Var 2	Var3	Qt y
1	Baja profil C	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon	1
2	RHS	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon	1
3	Nut screw	Kuningan-gan	Kuning-an	kuningan	3
4	Linear slide box	Aluminium	Aluminium	Aluminium	4
5	Motor penggerak	AC	DC	DC	1
6	Sproket	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon	2
7	Rantai	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon	1
8	Linear shaft	Baja khrom	Baja khrom	Baja khrom	1
9	Baut 14	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon	2
10	Pipa	Stainless	Stainless	Stainless	2
11	Reduction screw	Aluminium	Aluminium	Aluminium	1
12	Hole saw	HSS	Baja karbon	Bi-metal	2
13	Adapter holesaw	Chuck	Chuck	Chuck	1

14	Bearing	Baja karbon	Baja karbon	Baja karbon	9
15	Tools shaft	Stainless	Baja karbon	Baja khrom	1
16	Akrilik	Fiber-glass	Fiber-glass	Fiber-glass	1



Gambar 5 Spesifikasi Varian Mesin yang dibuat

Tabel 5 Spesifikasi Varian Mesin yang Dibuat

No	Mesin	Var 1	Var 2	Var 3	Qty
1.	Vise support	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	1
2.	Vise pipe	Stainless steel	Steel	Steel	2
3.	Vise pipe (pencekam)	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	2
4.	Dudukan vise pipe	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	1
5.	Vise pipe	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	2
6.	Motor frame hollow	Stainless steel	Aluminium	Steel	1
7.	Braket shaft	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	6
8.	Motor box bearing	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	2
9.	Motor frame	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	1
10.	Shaft tools bearing box	Stainless steel	Aluminium	Aluminium	2

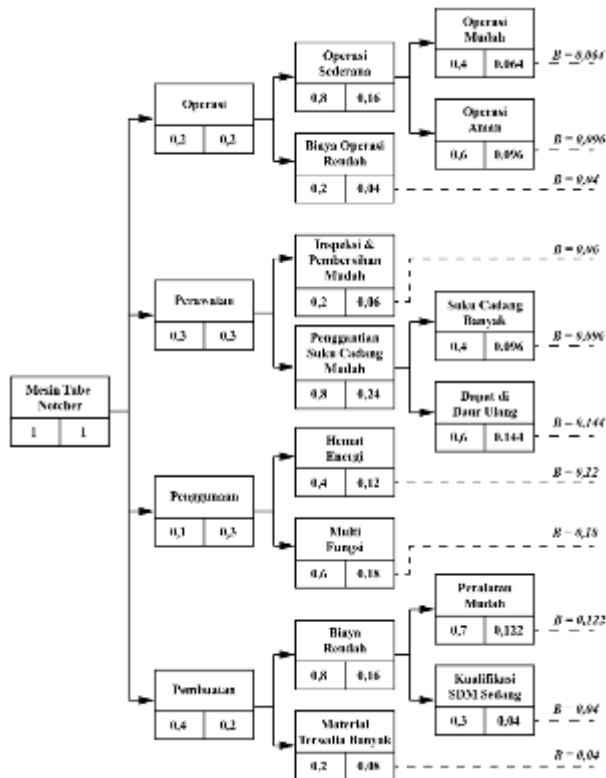
Selection Chart

Dengan tabel 6 dibawah, maka varian 2 (V2) dinyatakan tereliminasi karena:

- Tidak kompatibel
- Tidak sesuai dengan daftar persyaratan
- Secara prinsip dapat diwujudkan
- Dalam biaya produksi
- Memenuhi syarat keamanan
- Tidak sesuai keinginan pembuat
- Informasi tidak mendukung
- Tidak sesuai karena spesifikasi pada varian 2 tidak mampu memproses material yang akan diproses.

Tabel 6 Selection chart

DIII Mesin	Selection Chart	
FT-UP	Untuk Varian Mesin Tube Notcher	
Solusi varian dievaluasi dengan Pemilihan Kriteria : (+) ya (-) tidak (?) kurang informasi (!) periksa tabel persyaratan Kompatibilitas yang meyakinkan Sesuai dengan daftar persyaratan Secara prinsip dapat diwujudkan Dalam batas biaya produksi Memenuhi syarat keamanan Sesuai keinginan pembuat Informasi memadai Penjelasan (indikasi), (alasan)	Keputusan Lambang solusi varian : (+) mengikat solusi (-) menghilangkan solusi (?) merevisi solusi (!) meriksa persyaratan	
	V1	+
	V2	-
	V3	+

Pembobotan

Gambar 6 Diagram pembobotan

Tabel 7 Kriteria evaluasi pembobotan Varian 1

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 1		
				A	P	HB
1	Operasi mudah	0,064	Disain	Bagus	3	0,192
2	Operasi aman	0,096	Disain	Ideal	4	0,384
3	Biaya operasi rendah	0,04	Disain	Ditoleransi	1	0,04
4	Inspeksi dan pembersihan mudah	0,06	Kinerja	Ideal	4	0,24
5	Suku cadang banyak	0,096	Kinerja	Ideal	4	0,384
6	Dapat didaur ulang	0,144	Konsumsi energi	Ditoleransi	2	0,288
7	Hemat energi	0,12	Disain	Ideal	4	0,48
8	Multi fungsi	0,18	Waktu	Ditoleransi	2	0,36
9	Peralatan tersedia	0,122	Waktu dan biaya	Ideal	4	0,488

10	Kualifikasi SDM	0,048	Faktor ketahanan	Ideal	4	0,192
11	Ketersediaan material	0,04	Waktu	Memadai	3	0,12
Jumlah hasil bobot (HB)						3,168

Tabel 8 Kriteria evaluasi pembobotan Varian 3

No	Kriteria Evaluasi	B	Parameter	Varian 3		
				A	P	HB
1	Operasi mudah	0,064	Disain	Ideal	4	0,256
2	Operasi aman	0,096	Disain	Bagus	3	0,288
3	Biaya operasi rendah	0,04	Disain	Ideal	4	0,16
4	Inspeksi dan pembersihan mudah	0,06	Kinerja	Ideal	4	0,24
5	Suku cadang banyak	0,096	Kinerja	Bagus	3	0,288
6	Dapat didaur ulang	0,144	Konsumsi energi	Ideal	4	0,576
7	Hemat energi	0,12	Disain	Ideal	4	0,48
8	Multi fungsi	0,18	Waktu	Bagus	3	0,54
9	Peralatan tersedia	0,122	Waktu dan biaya	Ideal	4	0,488
10	Kualifikasi SDM	0,048	Faktor ketahanan	Bagus	3	0,144
11	Ketersediaan material	0,04	Waktu	Bagus	3	0,12
Jumlah hasil bobot (HB)						3,580

Keterangan kriteria evaluasi :

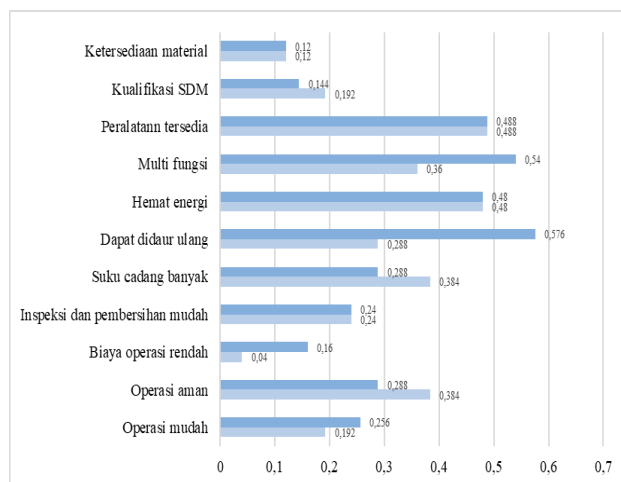
B : Bobot**P** : Poin analisis**HB** : Hasil pembobotan**A** : Arti analisis

$$\text{Varian 1} \rightarrow WRJ = \frac{3,168}{3 \times 12} = 0,088$$

$$\text{Varian 3} \rightarrow WRJ = \frac{3,580}{3 \times 12} = 0,144$$

Tabel 9 Skala nilai

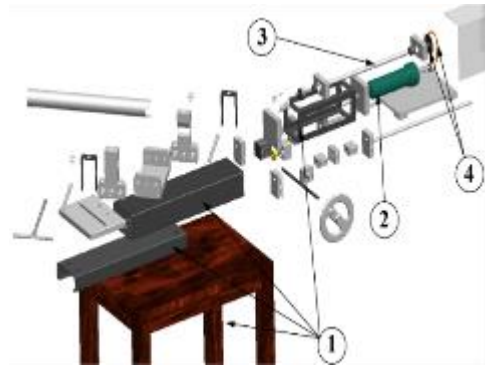
Value Scale			
Use value analysis		Guideline VDI 2225	
Point s	Meaning	Point s	Meaning
0	Solusi sangat tidak berguna	0	Tidak memuaskan
1	Solusi sangat tidak memadai	1	Ditoleransi
2	Solusi lemah		
3	Solusi lumayan		
4	Solusi memadai	2	Memadai
5	Solusi Memuaskan	3	Bagus
6	Solusi bagus dengan sedikit kekurangan		
7	Solusi bagus		
8	Solusi sangat bagus	4	Sangat bagus/ideal
9	Solusi melebihi persyaratan		
10	Solusi ideal		



Gambar 7 Diagram pembobotan

Berdasarkan pembobotan varian 3 memiliki peringkat lebih tinggi daripada varian1 maka yang terpilih yaitu varian 3

IV. PERHITUNGAN PERANCANGAN

Gambar 8 Analisis Perancangan Mesin *tube notcher*

Menganalisis perancangan menggunakan perhitungan :

1. Berat total pada kontruksi rangka
2. Perhitungan daya rencana
 - a. *Spindel speed* (n)
 - b. *Cutting speed* (V_c)
 - c. *Penetration rate* (V_f)
 - d. *Feed per revolution* (f_n)
 - e. *Metal removal rate* (Q)
 - f. *Net power requirement* (P_c)
3. Perhitungan poros
4. Perhitungan sproket dan rantai

1. Berat total pada konstruksi rangka

Tabel 10 Daftar Berat Komponen Mesin *Tube Notcher*

No.	Nama komponen	Berat (kg /mm ³)	Qty	Berat total (kg /mm ³)
1	Braket shaft	0,085	6	0,51
2	Linear shaft	0,390	2	0,78
3	Bearing	0,045	13	0,585
4	Lead screw	0,16	2	0,32
5	Reduction screw	0,233	1	0,233
6	Shaft steer	0,154	1	0,154
7	Steering	0,953	1	0,953
8	Vise support	0,924	1	0,924
9	Motor frame	1,479	1	1,479
10	Motor frame hollow	2,342	1	2,342
11	Motor box bearing	0,477	2	0,477
12	Motor penggerak dc	1,4	1	1,4
13	Rantai	0,043	1	0,043
14	Sproket	0,080	2	0,16
15	Shaft tools bearing box	0,077	2	0,154
16	Tools shaft	0,216	1	0,216
17	Kepala bor / chuck	0,540	1	0,540
18	Adapter hole saw	0,589	1	0,589
19	Hole saw	0,181	1	0,362

20	Shaft tools cover	0,140	1	0,140
21	Vise pipe	0,10	2	0,2
22	Dudukan vise pipe	1,566	1	1,566
23	Vise pipe (pencekam)	0,924	2	1,848
24	Vise tools	0,902	2	1,804
25	Libear shaft 12 mm	0,14	2	0,28
26	Shaft vise 10 mm	0,154	1	0,154
27	Nut screw	0,117	3	0,351
28	Besi hollow persegi	3	1	3
29	Pipa material	0,623	1	0,623
Jumlah Berat total				22,187

2. Perhitungan daya rencana

Daya motor [4] dapat dihitung berdasarkan beberapa hal, yaitu :

a. Spindel speed (n)

Spindel speed adalah kecepatan poros transmisi yang menggerakkan pisau.

Tabel 11 Kecepatan Hole Saw[3]

Ukuran Pipa	Stainless Steel, rpm	Steel, rpm	Aluminium, rpm	Wood, PVC, rpm
1"	175	350	525	2700
2"	85	170	255	2000
3"	55	155	170	1800
3,5"	45	95	170	1800
Tips	Cutting oil	Cutting oil	Cutting oil	-

Kecepatan pisau pada pipa 3,5" stainless steel adalah :
 $n = 45 \text{ rpm}$

b. Cutting speed (V_c)

Cutting speed atau kecepatan potong berdasarkan diameter benda kerja dan kecepatan poros yang digerakan.

$$V_c \rightarrow \frac{89 \times 3,14 \times 45}{1000} = 12,5757 \text{ mm/min}$$

Dimana :

$$D_c = 89 \text{ mm}$$

$$n = 45 \text{ rpm}$$

c. Penetration rate (V_f)

Penetration rate berdasarkan ketebalan benda kerja, pada pipa stainless steel diameter 89 mm dengan ketebalan 1,2 mm. Jadi apabila ingin menembus pipa tersebut harus melewati 2 permukaan pipa, yaitu permukaan luar dan permukaan dalam, maka :

$$V_f \rightarrow 2 \times 1,2 = 2,4 \text{ mm}$$

d. Feed per revolution (f_n)

Feed per revolution adalah pemakanan pisau pada benda kerja berdasarkan putaran pisau.

$$f_n \rightarrow \frac{V_f}{n} = m/\text{rev}$$

Dimana :

$$V_f = 2,4 \text{ mm}$$

$$n = 45 \text{ rpm}$$

$$f_n \rightarrow \frac{2,4}{45} = 0,053 \text{ mm/rev}$$

e. Metal removal rate (Q)

Tingkat pengikisan benda kerja terhadap waktu.

$$Q \rightarrow \frac{D_c \times f_n \times V_c}{4} = \text{mm}^3/\text{min}$$

Dimana :

$$V_f = 2,4 \text{ mm}$$

$$V_c = 12,5757 \text{ mm}$$

$$n = 45 \text{ rpm}$$

$$Q \rightarrow \frac{89 \times 0,053 \times 12,5757}{4} = 14,82989423 \text{ mm}^3/\text{min}$$

f. Net power requirement (P_c)

Nilai daya sesuai kebutuhan berdasarkan data spesifik gaya potong benda yang akan dikerjakan.

Tabel 12 Gaya potong spesifik

Material benda kerja	Kekuatan tarik Kg.mm ²	Gaya potong spesifik N/mm ²		
		0,1mm/rev	0,2mm/rev	0,3mm/rev
Mild steel	520	2200	1950	1820
Medium steel	620	1980	1800	1730
Hard steel	720	2520	2200	2040
Tool steel	670	1980	1800	1730
Stainless steel	770	2030	1800	1750

$$P_c \rightarrow \frac{f_n \times V_c \times D_c \times K_c}{240 \times 10^3} = \text{kw}$$

Dimana :

$$V_f = 2,4 \text{ mm}$$

$$V_c = 12,5757 \text{ mm}$$

$$n = 45 \text{ rpm}$$

$$K_c = 2030 \text{ N/mm}^2$$

$$P_c \rightarrow \frac{0,053 \times 12,5757 \times 89 \times 2030}{240 \times 10^3} = 0,5017447546 \text{ kw}$$

3. Perhitungan poros dan beban puntir[2]

Spesifikasi poros berdasarkan varian terpilih SC222

a. Daya rencana (P_d)

Untuk mampu memberikan dayatambahan, sepertisaat memulai menyalakan mesin diperlukan daya yang lebih

besar tentunya, dengan demikian diperlukan faktor koreksi daya yang ditransmisikan.

Tabel 13 Faktor koreksi perencanaan poros[2]

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	$1,2 < 2,0$
Daya maksimum yang diperlukan	$0,8 < 1,2$
Daya normal	$1,0 < 1,5$

$$P_d \rightarrow F_C \times P = kw$$

$$\text{Dimana : } F_C = 0,8 \text{ mm}$$

$$P = 0,501 \text{ rpm}$$

$$P_d \rightarrow 1,2 \times 0,501 = 0,6012 \text{ kw}$$

Maka besar daya motor dengan faktor koreksi sebesar $\rightarrow 0,6012 \text{ kw}$

b. Momen rencana (T)

Menentukan momen pada poros penggerak dan poros yang digerakan berdasarkan daya motor per putaran putaran poros penggerak dan putaran poros yang digerakan.

$$T \rightarrow 9,75 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} = kg.mm$$

$$\text{Dimana : } P_d = 0,6012 \text{ kw}$$

$$n_1 = 340 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 680 \text{ rpm}$$

$$T_1 \rightarrow 9,75 \times 10^5 \times \frac{0,6012}{340} = 1.724,029 \text{ kg.mm}$$

Momen puntir rencana yang terjadi pada poros penggerak $\rightarrow 1.724,029 \text{ kg.mm}$

$$T_2 \rightarrow 9,75 \times 10^5 \times \frac{0,6012}{680} = 862,014 \text{ kg.mm}$$

Momen rencana yang terjadi pada poros yang digerakan $\rightarrow 862,014 \text{ kg.mm}$

c. Tegangan Geser (T_g)

Apabila momen puntir dibebankan pada suatu diameter poros maka akan terjadi tegangan geser.

Tabel 14 Faktor keamanan tegangan geser

Faktor keamanan T_g	Harga
Batas kelelahan puntir S_{f1}	5,6 untuk bahan SF dan 6,0 untuk bahan S-C
Pengaruh konsentrasi tegangan S_{f2}	$1,3 < 3,0$

$$T_g \rightarrow \frac{\sigma_b}{S_{f1} \times S_{f2}} = kg/mm^2$$

Dimana :

$$S_{f1} = 6$$

$$S_{f2} = 2$$

$$\sigma_b = 55 \text{ kg/mm}^2 (\text{S40C})$$

$$T_g \rightarrow \frac{55}{6 \times 2} = 4,853 \text{ kg/mm}^2$$

d. Poros rencana sproket (D_s)

Menentukan diameter poros penggerak dan diameter poros yang digerakan, dan diperlukan untuk menggunakan faktor koreksi terhadap beban kejutan dan tumbukan, selanjutnya menggunakan faktor keamanan beban lentur.

Tabel 15 Faktor koreksi poros sproket

Faktor koreksi d_s	Harga
Beban dikenakan secara halus (K_t)	1,0
Beban dikenakan secara halus dan sedikit kejutan (K_t)	$1,0 < 1,5$
Terjadi kejutan dan tumbukan (K_t)	$1,5 < 3,0$
Terjadi pembebanan lentur (C_b)	$1,2 < 2,3$
Tidak terjadi pembebanan lentur (C_b)	1,0

$$d_s \rightarrow \left[\left(\frac{5,1}{T_g} \right) K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}} = mm$$

$$\text{Dimana : } K_t = 1,0$$

$$C_b = 1,2$$

$$T_g = 4,853 \text{ kg/mm}^2$$

$$T_1 = 293,085 \text{ kg.mm}$$

$$T_2 = 2930,850 \text{ kg.mm}$$

$$d_{s1} \rightarrow \left[\left(\frac{5,1}{4,853} \right) 1,5 \times 1,2 \times 293,085 \right]^{\frac{1}{3}} = 8,21 \text{ mm}$$

Maka diameter poros penggerak sebesar $\rightarrow 9 \text{ mm}$

$$d_{s1} \rightarrow \left[\left(\frac{5,1}{4,853} \right) 1,5 \times 1,2 \times 2930,850 \right]^{\frac{1}{3}} = 17,69 \text{ mm}$$

Maka diameter poros yang digerakan sebesar $\rightarrow 18 \text{ mm}$

Tabel 16 Daftar diameter poros

Diameter poros (mm)				
4	10	14	20	30
4,5	11	15	22	31,5
5	11,2	16	22,4	32
5,6	12	17	24	35
6	12,5	18	25	35,5
6,3	14	19	28	38

4. Perhitungan sproket dan rantai

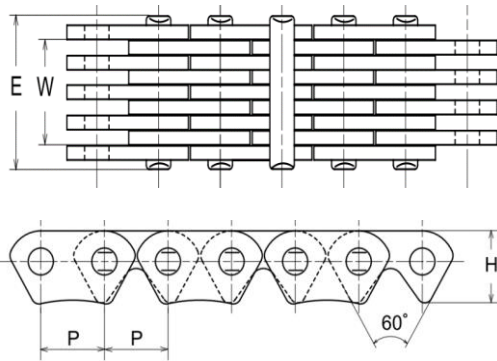
Spesifikasi sproket dan rantai:

1. Set condition require in design work

- Type of machin:
Machine tools atau mesin perkakas
- Transmission power:
 $P_t \rightarrow 0,6 \text{ kw}$
- Running hours in a single day:
3 hours/day atau 3jam/hari
- Small sprockets speed:
 $d_p \rightarrow 340 \text{ rpm}$
- Ratio speed: $SR \rightarrow 1/2$
- Interim center distance:
 $C \rightarrow 75 \text{ mm}$
- Special uses and enviromental:
condition

2. Pemilihan jenis rantai

Penulis memilih rantai berjenis rantai gigi atau *inverted tooth chain* SCR0404 dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 9 Analisis perancangan mesin *tube notcher*

Dimana : $p = 6,35 \text{ mm}$

Jumlah plat = 2×3

$W = 3,20 \text{ mm}$

$E = 6 \text{ mm}$

$H = 6,85 \text{ mm}$

Kekuatan tarik = $6,85 \text{ kN}$ dengan 705 kgf

Berat = $0,172 \text{ kg/m}$

1. Perbandingan putaran

Maka berdasarkan spesifikasi diatas penulis menginkanjumlah gigi pada sproket kecil (Z_1) sebanyak 17 dengan perbandingan kecepatan 1:2.

$$\frac{1}{2} \times \frac{17}{Z_2} = 34$$

Dimana : $Z_1 = 17$

$$i = \frac{1}{2}$$

Maka jumlah gigi pada sproket besar (Z_2) = 34

2. Diameter luar sproket (D_p, d_p)

$$d_p = \frac{6,35}{\sin\left(\frac{180^\circ}{17}\right)} = 34,5 \text{ mm}$$

$$D_p = \frac{6,35}{\sin\left(\frac{180^\circ}{34}\right)} = 68,8 \text{ mm}$$

Dimana : $p = 6,35 \text{ mm}$
 $Z_1 = 17 \text{ gigi}$
 $Z_2 = 34 \text{ gigi}$

Maka diameter luar sproket kecil adalah 34,5mm dan diameter sproket besar 68,9mm.

1. Kecepatan rantai (v)

$$v = \frac{17 \times 6,35 \times 680}{1000 \times 60} = 1,2 \text{ m/s}$$

Dimana : $p = 6,35 \text{ mm}$
 $Z_1 = 17 \text{ gigi}$
 $n_1 = 680 \text{ rpm}$

2. Beban rencana (F_d)

$$F_d = \frac{75 \times 0,6012}{1,2} = 37,575 \text{ kg}$$

Dimana : $P = 0,6012 \text{ kW}$
 $c = 75 \text{ mm}$
 $v = 1,2 \text{ m/s}$

3. Panjang rantai dalam jarak bagi (L_p)

$$L_p = \frac{17 + 34}{2} + 2 \times \frac{75}{6,35} + \frac{[(17 - 34)/6,28]^2}{75/6,35} = 49,742 \rightarrow 58 \text{ mm}$$

Dimana : $p = 6,35 \text{ mm}$
 $Z_1 = 17 \text{ gigi}$
 $Z_2 = 34 \text{ gigi}$
 $c = 75 \text{ mm}$
 $2\pi = 6,28$

4. Jarak sumbu poros (C_p)

$$C_p = \frac{1}{4} \left\{ \left(58 - \frac{17 + 34}{2} \right) + \sqrt{\left(58 - \frac{17 + 34}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,86} (17 - 34)^2} \right\} = 39,7 \rightarrow 40$$

$$\frac{58 - 17}{34 - 17} = 2,4 \rightarrow K = 1,00002$$

$$C = \frac{39,7 - 6,35}{1,00002} = 33,3 \text{ mm}$$

Dimana :

$L_p = 58 \text{ mm}$

$Z_1 = 17 \text{ gigi}$

$Z_2 = 34 \text{ gigi}$

$\pi^2 = 9,86$

$K = 1,00002$

Perincian dari hasil perhitungan di atas adalah:

a. Berat total mesin yaitu 22,187 kg

- b. Kecepatan poros untuk memotong stainless steel 2 inch yaitu 85 rpm
- c. Kecepatan potong mesin ini adalah 12,5757 mm/min
- d. Kedalaman penetrasi yaitu 2,4 mm
- e. Pemakanan material perputaran 0,053 mm/rev
- f. Pengikisan terhadap waktu 14,82989423 mm³/min
- g. Daya berdasarkan gaya potong yaitu 0,5 kW
- h. Poros penggerak sebesar 9mm
- i. Poros yang digerakan sebesar 18mm

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan mesin *tube notcher* ini, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Maka varian konsep yang terpilih adalah varian 3 karena :
 - a. Ketersediaan material yang memadai dipasar
 - b. Kualifikasi SDM yang sedang pada pengoperasian
 - c. Peralatan tersedia dipasaran
 - d. Multifungsi
 - e. Hemat energi
 - f. Dapat didaur ulang atau diperbaiki
 - g. Suku cadang banyak tersedia dipasar
 - h. Inspeksi dan pembersihan mudah
 - i. Biaya operasi rendah
 - j. Operasi aman bagi pengguna
2. Hasil pembuatan rancangan mesin menggunakan *software* pro engineer dengan hasil dimensi sebagai berikut :
 - a. Panjang keseluruhan 600mm
 - b. Lebar keseluruhan 400mm
 - c. Tinggi keseluruhan 800mm
3. Hasil analisa perancangan menggunakan perhitungan sebagai berikut :
 - a. Berat total mesin yaitu 22,187 kg
 - b. Kecepatan poros untuk memotong stainless steel 2 inchi yaitu 85 rpm
 - c. Kecepatan potong mesin ini adalah 12,5757 mm/min
 - d. Pemakanan material perputaran 0,053 mm/rev
 - e. Pengikisan terhadap waktu 14,82989423 mm³/min
 - f. Daya berdasarkan gaya potong yaitu 0,5 kW
 - g. Poros penggerak sebesar 9 mm
 - h. Poros yang digerakan sebesar 18 mm
 - i. Rantai yang dipakai adalah SCR0404
 - j. Diameter sproket besar 68,8 dengan mata gigi 34
 - k. Diameter sproket kecil 34,5 dengan mata gigi 17
 - l. Kecepatan rantai 1,2 m/s

Berdasarkan kesimpulan perancangan mesin, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dikembangkan lagi disain transmisinya
2. Diperlukan analisa disain menggunakan *software* untuk membantu menganalisa rancangan.

REFERENSI

- [1] P. Gerhard and B. Wolfgang, “*Engineering Design A systematic Approach*”, London, Springer-Verlag, 1996.
- [2] Sularso and S. Kiyokatsu, “*Design of Machine Elements*”, PT. Pradnya Paramitra, Jakarta, 2002.
- [3] Tata Surdia, Saito Shinroku. Pengetahuan Bahan, Material Teknik, PT. Pradnya Paramitra Jakarta 1999.
- [4] Lawrence H. Van Vlack. (terjemahan) Ilmu dan Teknologi Bahan, Ilmu logam dan Bukan logam, PT. Erlangga Jakarta 1995.
- [5] Khurmi R.S., Gupta J.K. (1977), Machine Design, First Edition. Ram Nagar, New Delhi 2005.
- [6] BOSCH. (2013), Range catalogue Proffesional Accesoris Holesawing, (E-book) Jakarta (Juli 2017).
- [7] SANDVIK COROMAT. (2013), Knowlege Drilling Formula, Definition and Formulas (E-book). Jakarta (Juli 2017).
- [8] DID CHAINS (2012), Daido Chain Catalogue, Silent Chain and specifications, (E-book). Jakarta (Juli 2017).
- [9] SKF Bearing. (2016), Rolling Bearing SKF catalogue, Standards and Specifications (E-book). Jakarta (Juli 2017).